Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.2, Summer 2021, P. 283-300
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۳۰۰-۲۸۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک بر ویژگی‌های رشدی، زایشی و بیوشیمیایی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) رقم 'دلفوس'

محبوبه زمانی پور[۱]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۶

چکیده

ویتامین‌ها از مواد طبیعی ساخته شده‌اند و به‌منظور رشد، عملکرد و بهبود سطح تغذیه گیاهان مناسب هستند. هدف از این مطالعه، بررسی اثرات سطوح مختلف پیرودکسین (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر)، تیامین (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، اسید فولیک (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، و ترکیب این ویتامین‌ها بر روی رشد، عملکرد و ویژگی‌های شیمیایی گیاه گوجه فرنگی . این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشگاه ولایت ایرانشهر طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۳۹۹ اجرا شد. نتایج نشان دادند که تمامی غلظت‌های پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک به کار برده شده سبب افزایش پارامترهای رشدی نسبت به شاهد شدند، و بیشترین ارتفاع گیاه (۲۷۱ سانتی‌متر)، قطر ساقه (۷ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۳۱ عدد)، وزن تر (۵۰۲ گرم) و خشک گیاه (۳۴۱/۶۶ گرم) در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر پیرودکسین+ ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر تیامین+ ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید فولیک ایجاد شد. روابط متقابل سطوح ویتامین‌های B در سطوح کم، متوسط و زیاد اثر معنی‌داری بر پارامترهای زایشی گیاه گوجه فرنگی داشت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد گل (۴۱/۳۳)، تعداد میوه (۲۹/۵۵)، تعداد خوشه (۹/۷۷)، قطر میوه (۲۲/۴۴ میلی‌متر)، وزن تر میوه (۱۵۸ گرم)، وزن خشک میوه (۱۰/۸۱ گرم) و عملکرد (۵۶۸۸/۹۶۶۷ گرم در بوته) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک مشاهده شد. هم‌چنین، تمامی غلظت های به کار برده شده پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک سبب افزایش پارامترهای بیوشیمیایی نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان pH (۴/۷۸)، اسیدیته (۰/۲۸ درصد)، مواد جامد محلول (۳/۹۳ درصد)، لیکوپن (۲/۶۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، محتوای فنول کل (۶۶/۶۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، ویتامین ث (۱۳/۳۶ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر)، کلروفیل a (۱/۹۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/۹۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کارتنوئید (۳/۳۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) با کاربرد ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه، رشد، عملکرد، گوجه فرنگی، ویتامین

مقدمه

گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) گیاهی چندساله، متعلق به تیره بادمجان می‌باشد که سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، لیکوپن، پلی‌فنول‌ها و ویتامین ث است (۶). گوجه فرنگی در اکثر کشورهای دنیا، به‌جز مناطق بسیار سرد، کشت می‌شود و همواره رسیدن به حداکثر تولید کمی و کیفی در واحد سطح از جمله اهداف اصلی کشت و کار این محصول بوده است (۲۹). کشور ایران با تولید ۵/۲۴ میلیون تن رتبه ششم جهانی تولید گوجه فرنگی را به خود اختصاص داده است. بنا بر آخرین گزارش به‌دست آمده در سال ۲۰۱۹، میزان کل سطح زیر کشت گوجه فرنگی در ایران ۱۲۱۲۰۳ هکتار بود که با عملکرد متوسط ۴۳/۳۰۶۷ تن در هکتار، دارای تولید سالیانه ۵۲۴۸۹۰۴ تن می‌باشد (۲۴). آبیاری و تغذیه مناسب از جمله عوامل محیطی هستند که تولید و عملکرد گوجه فرنگی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند (۵۹).

گزینش راهکار مناسب به‌منظور مدیریت بهتر تغذیه گیاه جهت افزایش کمیت و کیفیت محصول اهمیت دارد. افزایش مواد تغذیه‌ای به محیط کشت گیاه سبب جذب بیشتر کربن توسط گیاه می‌شود و با

۱- استادیار، گروه کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ولایت، ایرانشهر، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m.zamanipour@velayat.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2021.61961.0

تحریک گیاه از طریق دسترسی به نور بیشتر به‌دلیل افـزایش میـزان فتوسنتز، افزایش رشد گیاه را فراهم مـی‌کنـد (۴۴ و ۴۷). ویتـامین‌هـا تنظیم‌کننده‌های زیستی هستند که می‌توانند بـه‌طـور ویـژه از طریـق متابولیسم اولیه و ثانویـه سـبب رشـد گیـاه شـوند (۹). کـاربرد برگـی تیمارهــای ویتــامین ممکــن اســت نقــش مهمــی در فرآینــدهای فیزیولوژیکی و متابولیکی داشته باشند که بر فرآیند متابولیسم فتوسنتز تاثیر گذاشته و منجر به افزایش مواد جامد محلول و مواد معدنی شـده باشد (۵۳). اثر متقابل ویتامین‌ها سبب بهبود عمل مواد بیوشیمیایی در متابولیسم آمینواسیدها و سنتز نوکلئیک اسید می‌شود (۱۰). هنداوی و ایز ال–دین (۳۱) گزارش کـرد کـه ویتـامین ب کمـپلکس بـه‌عنـوان کوآنزیم در واکنش‌های آنزیمی مانند کربوهیدرات، اسیدهای چـرب و پروتئین‌ها بوده که درگیر در فتوسنتز و تـنفس اسـت. بعـلاوه، عبـدل ال–حکیم (۱) گزارش کردند که برخی از آنتی اکسیدان‌ها سبب بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی در برخی لوبیاها شدند.

پیرودکسین (ویتامین B6) به‌شکل پیرودکسال ۵– فسفات[1] فعـال بوده که متابولیت ضروری در تمامی ارگانیسم‌ها اسـت. ایـن ویتـامین می‌تواند به‌عنوان یک کوآنزیم برای آنزیم‌های متابولیکی فراوانی عمل نماید و اخیرا به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی شناخته شده اسـت (۱۸ و ۴۹). حامادا و خولائف (۲۸) دریافتند کـه محلـول‌پاشـی نهـال‌هـای بذری لوبیا قرمز ۲۵ روزه، با ۱۰۰ پی پی ام پیرودکسین سبب افزایش وزن تر و خشک، بیوسنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی و سـرعت فتوسـنتز شدند. خان و همکاران (۳۴) گزارش کردند کـه کـاربرد ۰/۰۲ درصـد پیرودکسین برای ارقـام گنـدم سـبب افـزایش پارامترهـای رشـدی و عملکردی شد. کارایی پیرودکسین روی رشد و عملکـرد بـالای لوبیـا مصری توسط بغدادی (۱۴) گزارش شـده اسـت. آن‌هـا دریافتنـد کـه کاربرد برگی ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین سبب افزایش ارتفـاع و قطر ساقه، تعداد شاخه، تعداد غلاف‌ها و میزان پروتئین لوبیـا مصـری رقم Giza-1 شد.

ناصر و همکاران (۴۳) در بررسی کاربرد برگی غلظت‌های مختلف پیرودکسین (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلـی‌گـرم بـر لیتـر) بـر روی ویژگی‌های رشدی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و عملکرد گیاه کنجد رقـم Shandaweel-3 گزارش کردند که تمامی غلظت‌هـای بـه‌کـار بـرده پیرودکسین به غیر از غلظت ۵۰ میلـی‌گـرم بـر لیتـر سـبب افـزایش ویژگی‌های رشدی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و عملکرد شدند. بیشـترین ارتفاع گیـاه، تعـداد بـرگ، وزن تـر و خشـک گیـاه، کلروفیـل a، b و کارتنوئید در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین مشاهده شد.

تیامین[2] به‌عنوان یک ویتامین محلـول در آب، توسـط گیاهـان و میکروب‌ها تولید می‌شود. این ترکیب به‌صورت آزاد و به شکل فسفره، در ترکیبات تیامین–مونوفسفات، تیامین–پیروفسـفات و تیـامین–تـری فسفات یافت می‌شود (۱۳). تیامین–پیروفسفات به‌عنوان یک کوفاکتور برای آنزیم‌های درگیر در فرآیندهای متابولیکی از جمله تولید اسـتیل– کوآنزیم A، چرخه تری کربوکسـیلیک اسـید، گلیکـولیز، مسـیر پنتـوز فسفات، چرخه‌هـای اسـید سـیتریک و کـالوین عمـل مـی‌کنـد (۱۵). هم‌چنین، تیامین آسیب DNA را کاهش می‌دهد (۴۷). بعلاوه، کاربرد خارجی تیامین سبب افزایش تحمل گیاه در برابر تنش‌های زیسـتی و غیرزیستی از جمله شوری، دماهای بالا و پاتوژن‌های گیاهی می‌شـود (۱۵). اثر مثبت تیامین بر روی رشد، عملکرد، سرعت فتوسنتز و مـواد غذایی، رنگدانه‌ها، محتوای پـروتئین در بسـیاری از گیاهـان از جملـه باقلا (۲۸)، ریحان (۲۳) و گشنیز (۸) گزارش شده است.

فاروک و همکاران (۲۵) در بررسـی محلـول‌پاشـی محـرک‌هـای زیستی و ویتامین‌ها در بهبود ویژگـی هـای رویشـی و زایشـی گوجـه فرنگی گزارش کردند که کاربرد تیامین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و عصاره جلبک دریایی در غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر سبب افزایش رشد و عملکرد گوجه فرنگی شد.

فولیک اسید[3] به‌عنوان ویتامین B9 شناخته می‌شود. فولیک اسـید بــرای عملکردهــای بیوشــیمیایی در متابولیســم آمینواســید و ســنتز نوکلئیک اسید ضروری است (۱۰). فولیک اسـید سـبب تولیـد RNA (نوکلئیک اسیدی کـه اطلاعـات را از DNA بـه سـاختارهای سـلول گیاهی ریبوزوم انتقال داده و کمک به سنتز پروتئین در گیاه می‌نماید) در گیاهان می‌شود (۴۵). فولات‌ها کوفاکتورهـای ضـروری در انتقـال کربن به‌عنوان پذیرنده یا اهدا کننده بوده و درگیر در سنتز پـورین‌هـا، پیریمیدین‌ها و آمینواسیدها می‌باشند (۱۹).

ساخوتا و همکاران (۵۴) و برجریس و همکاران (۱۶) دریافتند کـه تیمار اسید فولیک سبب افزایش تولید، عملکـرد، وزن و کیفیـت بـذور نخودفرنگی شد و محتوای کلروفیل را در برگ‌ها افزایش داد.

آل– سعید و کمال (۷) گزارش کردند که محلول‌پاشـی برگـی بـا فولیک اسید سبب افزایش گلدهی، عملکرد و کیفیـت فلفـل دلمـه‌ای شد. کاربرد خارجی فولیـک اسـید اثـر مثبتـی روی رشـد، عملکـرد و کیفیت سویا (۳۸) و توت فرنگی (۳۵) داشته است. هم‌چنین، ابراهیم و همکـاران (۳۲) دریافتنـد کـه فولیـک اسـید سـبب بهبـود معنـی‌دار پارامترهای رشدی شامل طول گیاه سیب زمینـی، سـطح بـرگ، وزن خشک، کلروفیل، تعداد غده و عملکرد در مقایسه با شاهد شد. بعلاوه، مواد جامد محلول و پروتئین محلول بـه‌طـور معنـی‌داری در بـرگ‌هـا افزایش یافتنـد. روابـط متقابـل بـین ویتـامین‌هـا بـه‌منظـور عملکـرد بیوشیمیایی در متابولسیم آمینواسیدها و سنتز نوکلئیک اسید ضـروری است (۱۰ و ۳۰). ال– قارمانی و همکـاران (۲۰) گـزارش نمودنـد کـه محلول‌پاشی ویتامین‌های B در غلظت‌هـای مناسـب سـبب افـزایش

1- Pyridoxal 5-Phosphate
2- Thiamine
3- Folic acid

معنی‌دار وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه، کلروفیل برگ و عملکرد بذور خشک لوبیای چشم بلبلی شد. هم‌چنین، برجریس و همکاران (۱۶) دریافتند که فولیک اسید در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش رشد و عملکرد نخودفرنگی شد.

یوسف (۵۸) در بررسی محلول‌پاشی برگی کوبالامین (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر)، فولیک اسید (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و آسکوربیک اسید (۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و یا در ترکیب با یکدیگر بر ویژگی‌های رشدی و زایشی سیب زمینی گزارش کردند که محلول‌پاشی این سه نوع ویتامین به‌صورت ترکیبی باعث افزایش رشد رویشی، بهبود عملکرد غده‌ها و کلروفیل کل شد. بهترین نتیجه زمانی حاصل شد که سه بار محلول‌پاشی با ترکیب غلظت‌های متوسط ویتامین‌ها انجام گرفت.

این مطالعه با هدف بررسی اثرات ویتامین های پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک بر ویژگی های رشدی، زایشی و بیوشیمیایی گیاه گوجه فرنگی رقم دلفی انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی پرورش گوجه فرنگی واقع در دانشگاه ولایت ایرانشهر انجام گرفت. طول جغرافیایی منطقه بین ۵۸ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی بین ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۵۷۱ متر بود. به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قبل از کاشت، نمونه‌برداری خاک تا عمق ۳۰ سانتی متر از نقاط مختلف مزرعه به‌صورت Z انجام و نمونه مورد نظر به آزمایشگاه ارسال شد. ویژگی های خاک منطقه مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. رقم گوجه فرنگی مورد آزمایش، 'دلفوس' بود که از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شد. رقم 'دلفوس' دارای تیپ میوه نسبتا گرد، میوه بسیار بازارپسند، دارای بوته قوی و عملکرد بالا است. در مرداد ماه، با شروع دوره کاشت گوجه فرنگی در گلخانه، کاشت نشاها صورت گرفت و برداشت محصول تا آذرماه به طول انجامید. نشاها روی ردیف‌هایی به عرض ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۴۰ سانتی‌متر بر روی بستر خاکی، کشت شدند. آبیاری در گلخانه مورد آزمایش با سیستم قطره ای انجام گرفت. آبیاری نوبت اول بلافاصله بعد از کشت و آبیاری‌های دوم و سوم به فاصله یک روز بعد به‌مدت یک ساعت صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی متناسب با رشد نشاها، یک روز در میان تا چهار روز در میان، صورت گرفت. در مرحله ۷-۸ برگی، بوته‌ها به‌صورت عمودی روی نخ هدایت گردیدند. دمای گلخانه در طول آزمایش در روز ۲۵ تا ۳۲ و در شب ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۵۰ درصد بود.

آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت. هدف از این مطالعه، پژوهش اثرات سطوح مختلف پیرودکسین (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، تیامین (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و فولیک اسید (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و ترکیب این ویتامین‌ها در غلظت‌های پایین (۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+ ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۵۰ میلی گرم بر لیتر فولیک اسید)، متوسط (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+ ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید) و بالا (۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+ ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید) بر روی صفات مورفولوژیکی، پومولوژیکی و بیوشیمیایی گوجه فرنگی بود. ویتامین‌ها از شرکت مرک[1] خریداری شدند. محلول‌پاشی توسط آب‌پاش دستی در دو نوبت: اولی ۳۰ روز بعد از کاشت و دومی دو هفته قبل از تغییر رنگ و رسیدن گوجه فرنگی انجام گرفت. کود مورد استفاده در طول دوره رشد بوته‌ها شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم هر ۱۰ تا ۱۵ روز یک‌بار، به مقدار ۴ تا ۶ کیلوگرم در ۱۰۰۰ متر مربع، محلول‌پاشی کلسیم هر ۱۵ روز یک‌بار، و عناصر آهن، روی، منگنز و بور هر ۱۵ تا ۲۰ روز یک‌بار، هم به‌صورت خاکی و هم محلول‌پاشی، در اختیار گیاهان قرار گرفت. هرس شاخه و برگ‌های اضافی، ۲ تا ۳ مرتبه در طول فصل رشد انجام شد و در طول دوره رشد، عملیات داشت مانند هرس، سمپاشی، آبیاری و تغذیه گیاهان طبق عرف گلخانه انجام گرفت. برداشت میوه با دست و در مرحله بیش از دوسوم تغییر رنگ میوه‌ها انجام شد.

ثبت داده‌ها

صفات مورفولوژیکی

نمونه‌ها از سه گیاه از هر تیمار گرفته شده و ویژگی‌های رشد رویشی شامل ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)، قطر ساقه (سانتی‌متر)، تعداد برگ هر گیاه، تعداد گل، وزن تر و خشک شاخه هر گیاه اندازه‌گیری شدند.

صفات پومولوژیکی

کار برداشت میوه‌ها هر ۶ روز به مدت ۳ ماه انجام شد. معیار برداشت، تکمیل رنگ قرمز بود. در هر برداشت، میوه‌های هر بوته به‌طور جداگانه وزن گردید. تعداد میوه، تعداد میوه در خوشه، تعداد خوشه در بوته، قطر میوه و وزن تر و خشک میوه نیز اندازه‌گیری شد. وزن تر میوه توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم قرائت شد. به‌منظور تعیین وزن خشک، میوه ها در آون ۷۰ درجه قرار گرفتند و پس از رسیدن به وزن ثابت با استفاده از ترازوی دیجیتال، وزن خشک آن ها قرائت شد. قطر میوه نیز توسط کولیس معمولی با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

1- Merck

جدول ۱- ویژگی‌های خاک منطقه مورد آزمایش
Table 1- Soil characteristics of the tested area

بافت خاک Soil texture	pH	هدایت الکتریکی EC (µs.cm^{-1})	جرم مخصوص ظاهری Balk density (g.cm^{-3})	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	نیتروژن Nitrogen (ppm)	فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)
لومی شنی Sandy loam	8.1	1.7	1.5	7	30	61.7	45.1	3.3	270

صفات بیوشیمیایی

جهت تعیین میزان کلروفیل و کارتنوئید برگ‌ها از دستگاه اسپکتوفتومتر (s 2000 uv/vis) در طول موج های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر استفاده گردید. غلظت کلروفیل و کاروتنوئید بر حسب میلی گرم بر گرم در وزن تر نمونه (mg.g^{-1}FW) با استفاده از معادله های زیر محاسبه شد (۱۱).

$$\text{کلروفیل } a = (12.7 \times A663 - 2.69 \times A645)_{v/1000w}$$

$$\text{کلروفیل } b = (22.9 \times A645 - 4.68 \times A663)v/1000w$$

$$\text{کارتنوئید} = (1000A470 - 1.8\ \text{chlorophyll a} - 85.2\ chlorophyll\ b)/198$$

از میوه‌های هر تکرار در هر برداشت به‌طور تصادفی تعدادی میوه جدا و در آزمایشگاه، pH آب میوه، مواد جامد محلول کل و میزان ویتامین ث ثبت شد (۴۱). درصد مواد جامد محلول با استفاده از قندسنج (Refractometer) دستی (مدل Abe Model Atago, NAR-3T, Japan) به‌صورت درجه بریکس در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرائت و محاسبه شد (۵۶). برای اندازه‌گیری ویتامین ث از روش تیتراسیون با محلول دی کلرواینددوفنول استفاده شد و به‌صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان گردید (۴۰). میزان اسیدیته قابل تیتراسیون با روش شیمیایی ای.او.ای.سی (AOAC) اندازه‌گیری شد. مقدار اسیدیته کل بر حسب اسید سیتریک محاسبه گردید (۲۶).

درصد اسیدیته = (۱۰۰×۰/۰۰۶۴×V)/۵

در این رابطه، V حجم سود مصرفی برای نمونه است.

عملکرد تک بوته طی چند مرحله و در یک دوره سه ماهه با جمع‌کردن وزن میوه‌های برداشت‌شده تعیین شد. در نهایت عملکرد کل به گرم در هکتار محاسبه گردید (۲۷).

عمل استخراج لیکوپن توسط حلال های هگزان: استون: اتانول با نسبت ۲:۱:۱ و به نسبت ۱: ۱۰ به ماده اولیه و در دمای محیط به مدت ۱۶ ساعت انجام شد. بعد از جدا شدن حلال، مقدار لیکوپن موجود در آن در طول موج ۵۰۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (s 2000 uv/vis) اندازه‌گیری شد. مقدار لیکوپن بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بافت محاسبه شد (۵۰).

میزان فنول کل میوه با روش فولین سیکالتو اندازه گیری شد (۵۴). عصاره تهیه شده ابتدا در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۶۰۰۰ قرار گرفت. در مرحله بعد، به ۰/۱ میلی لیتر از قسمت محلول شناور روئی، ۰/۴ درصد فولین ۵۰ درصد اضافه شد. سپس محلول به مدت ۱ دقیقه ورتکس شد و بعد از ۳ دقیقه، یک میلی لیتر کربنات سدیم ۲ درصد به این محلول اضافه شد، و سپس به مدت ۴۵ دقیقه در محفظه اتاق در دمای تاریک نگهداری گردید و دوباره محلول را به مدت یک دقیقه روی شیکر گذاشته و در نهایت میزان جذب محلول توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد و از اسید گالیک به عنوان استاندارد استفاده گردید. میزان ترکیبات فنولی کل از روی منحنی استاندارد بر حسب میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم عصاره بیان شد.

تجزیه آماری داده‌ها

آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS ver. 2016 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

پارامترهای رشدی

نتایج تجزیه واریانس اثرات پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک بر پارامترهای رشدی گیاه گوجه فرنگی در جدول ۲ آمده است. کلیه صفات مورد بررسی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲).

اثرات پیرودکسین بر پارامترهای رشدی گیاه گوجه‌فرنگی

نتایج مقایسه میانگین اثرات غلظت‌های مختلف پیرودکسین بر پارامترهای رشدی گوجه فرنگی نشان دادند که تمامی غلظت‌های

محلول‌پاشی‌شده پیرودکسین سبب افزایش پارامترهای رشدی شدند و بیشترین ارتفاع (۲۱۵ سانتی‌متر)، قطر ساقه (۵/۷۱ سانتی‌متر)، وزن تر (۳۶۷ گرم) و خشک (۲۰۷/۳۳ گرم) گیاه در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین ایجاد شد (جدول ۳). این نتایج با گزارشات ناصر و همکاران (۴۳) در گیاه کنجد و حامادا و خولائف (۲۸) در گیاه لوبیا مطابقت دارد. افزایش پارامترهای رشدی توسط پیرودکسین شاید به‌دلیل افزایش مواد غذایی در گیاه باشد (۱۲). کاربرد برگی پیرودکسین می‌تواند سبب افزایش تراوش اسیدهای آلی از منطقه ریشه به درون خاک شود و این عمل منجر به افزایش حلالیت مواد غذایی در منطقه ریزوسفر شده و منجر به جذب بیشتر مواد غذایی به‌وسیله گیاه می‌شود (۲).

اثرات تیامین بر پارامترهای رشدی گیاه گوجه‌فرنگی

کاربرد برگی تیامین به‌طور معنی‌داری سبب افزایش پارامترهای رشدی گیاه گوجه فرنگی شد و بیشترین ارتفاع (۲۳۴ سانتی‌متر)، قطر ساقه (۵/۳۳ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۳۳)، وزن تر (۴۰۳ گرم) و خشک (۲۱۴/۶۶ گرم) گیاه در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین به‌دست آمد (جدول ۳). این نتایج با گزارشات سعید و گادالاه (۵۱) مطابقت دارد که گزارش کردند تجمع برخی از تنظیم‌کننده‌های اسمزی ممکن است در پاسخ به کاربرد تیامین افزایش یابد. این موضوع، شاید به‌دلیل تغییر بالقوه آب گیاهان باشد که می‌تواند سبب افزایش فشار تورژسانس شده که برای گسترش سلولی و بنابراین رشد گیاه موثر است.

اثرات اسید فولیک بر پارامترهای رشدی گیاه گوجه‌فرنگی

کاربرد برگی سطوح مختلف اسید فولیک (ویتامین B9) بر پارامترهای رشدی گیاه گوجه فرنگی، به‌طور معنی‌داری تمامی ویژگی‌های رشدی شامل ارتفاع گیاه (۲۲۹ سانتی‌متر)، قطر گیاه (۵/۳۳ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۲۹/۶۶)، وزن تر (۴۹۵ گرم) و خشک (۳۰۰/۳۳) گیاه را افزایش داد. رشد رویشی به‌طور معنی‌داری با کاربرد برگی اسید فولیک در غلظت ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر افزایش یافت (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های یوسف (۵۸) در سیب زمینی مطابقت دارد. استاخوا و همکاران (۵۵) گزارش کردند که فولیک اسید سبب افزایش فعالیت بیوسنتز گلیسین شده که به‌نوبه خود سنتز پورفیرین‌ها و کلروفیل را در غشاهای کلروپلاستی افزایش می‌دهد. لی و همکاران (۳۵) گزارش کردند که بیشترین میزان تعداد برگ و وزن تر و خشک گیاه با کاربرد برگی اسید فولیک در غلظت ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر و بیشترین تعداد شاخه و تعداد برگ با کاربرد برگی اسید فولیک در غلظت ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد.

اثرات پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک بر پارامترهای رشدی گیاه گوجه‌فرنگی

نتایج مقایسه میانگین نشان دادند که تمامی غلظت‌های به کار برده شده پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک سبب افزایش پارامترهای رشدی نسبت به شاهد شدند (جدول ۳). بیشترین ارتفاع گیاه (۲۷۱ سانتی‌متر)، قطر ساقه (۷ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۳۱ عدد)، وزن تر (۵۰۲ گرم) و خشک گیاه (۳۴۱/۶۶ گرم) در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر پیرودکسین+ ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر تیامین+ ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید فولیک ایجاد شد (جدول ۳). این نتایج با گزارشات ال-قارمانی و همکاران (۲۰) مطابقت دارد که گزارش کردند محلول‌پاشی ویتامین‌ها (B1، B6 و B12) در غلظت‌های مناسب در لوبیا چشم بلبلی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش رشد رویشی در مقایسه با شاهد شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کاربرد ویتامین‌ها بر ویژگی‌های رویشی گیاه گوجه فرنگی رقم 'دلفوس'

Table 2- ANOVA for the effect of vitamin application on vegetative characteristics of tomato plant cv.'Delphus'

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square				
		ارتفاع Height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ Leaf number	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry Weight
تکرار Replication	2	13.641**	9.760**	13.011**	502.231**	114.769**
تیمار Treatment	12	837.530**	2.655**	91.044**	21332.132**	16116.137**
خطا Error	24	0.530	0.422	0.030	0.120	0.047

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

** Significant at 1% of probability level and ns non-significant

جدول ۳- اثر کاربرد ویتامین‌ها بر ویژگی‌های رویشی گیاه گوجه فرنگی رقم 'دلفوس'

Table 3- The effect of vitamin application on vegetative characteristics of tomato plant cv. 'Delphus'

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	تعداد برگ Leaf number	وزن تر بوته Fruit Weight (g)	وزن خشک بوته Dry weight (g)
شاهد Control	201.00i	3.00c	17.00i	227.00l	99.33m
۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین 50 mg.L^{-1} Pyridoxine	210.00h	5.49ab	18.44h	317.00k	165.33l
۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین 100 mgL^{-1} Pyridoxine	215.00g	5.71ab	29.22e	367.00i	207.33j
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین 150 mgL^{-1} Pyridoxine	211.00h	4.75b	30.00d	337.00j	185.33k
۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین 50 mgL^{-1} Thiamine	224.00d	4.66b	31.00c	377.00h	209.33i
۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین 100 mgL^{-1} Thiamine	234.00b	5.33b	33.00b	403.00f	214.66g
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین 150 mgL^{-1} Thiamine	211.00h	4.66b	24.33f	392.33g	211.33h

*وجود حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% of probability level according to Duncan's multiple rang test.

ادامه جدول ۳- اثر کاربرد ویتامین‌ها بر ویژگی‌های رویشی گیاه گوجه‌فرنگی رقم 'دلفوس'

Continue Table 3- The effect of vitamin application on vegetative characteristics of tomato plant cv. 'Delphus'

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	تعداد برگ Leaf number	وزن تر بوته Fruit weight (g)	وزن خشک بوته Dry weight (g)
۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 50 mg.L^{-1} Folic acid	221.00e	4.50bc	22.20g	437.00e	253.33f
۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 100 mg.L^{-1} Folic acid	215.00g	4.83b	22.00g	467.00d	275.33e
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 150 mg.L^{-1} Folic acid	229.00c	5.33b	29.66d	495.00dc	300.33d
۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 50 mg.L^{-1} Pyridoxine +50 mg.L^{-1} Thiamine+50 mg.L^{-1} Folic acid	220.66e	4.16bc	31.00c	495.66c	330.33c
۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 100 mg.L^{-1} Pyridoxine +100 mg.L^{-1} Thiamine+100 mg.L^{-1} Folic acid	271.00a	7.00a	33.55a	502.00a	341.66a
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 150 mg.L^{-1} Pyridoxine +150 mg.L^{-1} Thiamine+150 mg.L^{-1} Folic acid	218.66f	4.30bc	29.00e	497.00b	335.33b

*وجود حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% of probability level according to Duncan's multiple rang test.

پارامترهای زایشی

نتایج تجزیه واریانس اثرات پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک بر پارامترهای زایشی گیاه گوجه فرنگی در جدول ۴ آمده است. کلیه صفات مورد بررسی در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول ۴).

اثرات پیرودکسین بر پارامترهای زایشی گیاه گوجه‌فرنگی

بررسی مقایسه میانگین اثرات پیرودکسین بر پارامترهای زایشی نشان داد که تمامی غلظت‌های به کار برده شده سبب افزایش پارامترهای زایشی شدند و بیشترین تعداد گل (۲۵)، تعداد میوه (۱۹/۶۶)، تعداد خوشه (۶/۶۶)، قطر میوه (۱۶/۸۳ سانتی‌متر)، وزن تر (۸۸/۷۳ گرم) و خشک میوه (۵/۹۵ گرم) و عملکرد (۱۲۴۳/۸۳۴۰ گرم در هر درخت) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد (جدول ۵). ناصر و همکاران (۴۳) گزارش کردند که کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین سبب افزایش ویژگی‌های زایشی و عملکرد گیاه کنجد شد. مشخص شده است که پیرودکسین سبب افزایش رشد ریشه شده و بنابراین منجر به جذب بهتر مواد غذایی و عملکرد اقتصادی بالاتر می‌گردد (۳۶) که با نتایج ما مطابقت دارد.

اثرات تیامین بر پارامترهای زایشی گیاه گوجه‌فرنگی

مقایسه میانگین اثرات تیامین بر پارامترهای زایشی گیاه گوجه فرنگی نشان داد که تمامی غلظت‌های به کار برده شده سبب افزایش پارامترهای زایشی شدند و بیشترین میزان تعداد میوه (۱۷/۶۶)، تعداد خوشه (۶/۶۶)، قطر میوه (۱۶/۶۶ سانتی‌متر)، وزن تر (۱۱۱/۲ گرم) و خشک (۶/۹۰ گرم) میوه و عملکرد (۱۹۶۳/۹۳۳۳ گرم در هر درخت) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین مشاهده شد (جدول ۵). این نتایج با گزارشات فاروک و همکاران (۲۵) مطابقت دارد. افزایش در وزن برگ و ساقه با کاربرد برگی تیامین به‌دلیل این است که تیامین برای تقسیم سلول‌های مریستمی ساقه و سلول‌های اولیه اندام‌ها ضروری است (۳۹). تیامین نقش قابل توجهی در متابولیسم کربوهیدرات از جمله سنتز NADPH و ATP دارد (۴۶). بعلاوه، تیامین به‌عنوان یک کوفاکتور در واکنش‌های آنزیمی بسیاری از جمله مسیرهای متابولیکی مانند گلیکولیز، چرخه کربس، مسیر پنتوز فسفات، چرخه کالوین، متابولسیم آمینواسید، تجمع نیتروژن و سنتز نوکلئیک اسید دخالت دارد (۳۹). بنابراین به‌نظر می‌رسد که رشد و عملکرد بهتر گوجه فرنگی با کاربرد برگی تیامین در ارتباط با تنظیم مناسب فتوسنتز و واکنش‌های تامین انرژی در مقایسه با شاهد باشد.

اثرات اسید فولیک بر پارامترهای زایشی گیاه گوجه‌فرنگی

تمامی غلظت‌های اسید فولیک به‌طور معنی‌داری سبب افزایش پارامترهای زایشی شدند. بیشترین میزان تعداد گل (۳۲/۶۶)، تعداد خوشه (۹)، قطر میوه (۱۸/۸۳ سانتی‌متر) و وزن تر (۱۱۳/۵۶ گرم) و خشک (۷/۸۳ گرم) گیاه در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد (جدول ۵). این نتایج با گزارشات آل-سعید و کمال (۷) که گزارش کردند اسید فولیک سبب افزایش گلدهی در فلفل سبز گردید و هم-چنین با نتایج ساخوتا و همکاران (۵۴) و برجریس و همکاران (۱۶) که دریافتند تیمار اسید فولیک سبب افزایش تولید، عملکرد، وزن و کیفیت بذور نخودفرنگی شد، مطابقت دارد.

اثرات پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک بر پارامترهای زایشی گیاه گوجه فرنگی

نتایج مقایسه میانگین نشان دادند که تمامی غلظت‌های به کار برده شده پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک سبب افزایش پارامترهای زایشی نسبت به شاهد شدند (جدول ۵). روابط متقابل سطوح ویتامین‌های B در سطوح کم، متوسط و زیاد اثر معنی‌داری بر پارامترهای زایشی گیاه گوجه فرنگی داشت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد گل (۴۱/۳۳)، تعداد میوه (۲۹/۵۵)، تعداد خوشه (۹/۷۷)، قطر میوه (۲۲/۴۴ میلی‌متر)، وزن تر میوه (۱۵۸ گرم) و وزن خشک میوه (۱۰/۸۱ گرم) و عملکرد (۵۶۸۸/۹۶۶۷ گرم در بوته) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک مشاهده شد (جدول ۵). از این نتایج این گونه می‌توان استنباط کرد که کاربرد برگی تیمارهای ویتامین ممکن است نقشی مهمی در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی داشته باشد و هم‌چنین در فرآیند متابولسیم فتوسنتز نقش موثری داشته و بنابراین سبب افزایش عملکرد شده است. افزایش در عملکرد و اجزای عملکرد می‌تواند به دلیل افزایش در جذب مواد غذایی و آسیمیلاسیون و افزایش رشد به سبب وجود ویتامین‌ها باشد (۵). نتایج مشابهی توسط الqارمانی و همکاران (۲۰) بیان شده است که محلول‌پاشی ویتامین‌ها (B1، B6 و B12) در غلظت‌های مناسب در لوبیا چشم بلبلی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش تعداد غلاف‌های هر گیاه و عملکرد کل در مقایسه با شاهد شد. هم چنین، شابالی و ال رامادی (۵۳) و شابانا و همکاران (۵۲) دریافتند که ویتامین‌ها می‌توانند سبب افزایش عملکرد در سیر و گوجه فرنگی شوند.

پارامترهای بیوشیمیایی

نتایج تجزیه واریانس اثرات پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک بر پارامترهای بیوشیمیایی گیاه گوجه فرنگی در جدول ۶ آمده است. کلیه صفات مورد بررسی در سطح ۱ درصد معنی دار شده است

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر کاربرد ویتامین ها بر ویژگی‌های زایشی گیاه گوجه فرنگی رقم 'دلفوس'

Table 4- ANOVA for the effect of vitamin application on productive charactristics of tomato plant cv. 'Delphus'

		میانگین مربعات Mean square						
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	تعداد گل Flower number	تعداد میوه Fruit number	تعداد خوشه Pedicle number	قطر میوه Fruit diameter	وزن تر میوه Fruit fresh weight	وزن خشک میوه Fruit dry weight	عملکرد Yield
تکرار Replication	2	84.00**	13.003**	13.004**	13.012**	13.060**	18.423**	15.426**
تیمار Treatment	12	113.863**	119.988**	12.300**	19.340**	2662.681**	10.957**	4317845.578**
خطا Error	24	3.222	0.015	0.003	0.019	0.001	0.033	0.239

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

** Significant at 1% of probability level and ns non-significant

اثرات پیرودکسین بر ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه گوجه فرنگی

بررسی مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف پیرودکسین بر ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه گوجه فرنگی نشان داد که پیرودکسین سبب افزایش ویژگی‌های بیوشیمیایی از جمله pH (۴/۶۰)، اسید کل (۰/۳۹ درصد)، مواد جامد محلول (۲/۸۵ درصد)، لیکوپن (۱/۰۳ میلی گرم بر صد گرم وزن تر)، ویتامین ث (۶/۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آب-میوه)، کلروفیل a (۰/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کارتنوئید (۲/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) شد (جدول ۷). این نتایج با یافته‌های چن و زانگ (۱۷) و مان-باسک و آلجر (۴۲) که گزارش کردند پیرودکسین سبب محافظت غشاهای کلروپلاستی از اکسیداسیون نوری شده و کوفاکتور ضروری برای آنزیم‌های متابولیکی بسیاری شامل متابولسیم اسیدهای آمینه و بیوسنتز آنتی‌بیوتیک‌ها است، مطابقت دارد.

اثرات تیامین بر ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه گوجه‌فرنگی

مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف تیامین بر ویژگی‌های بیوشیمیایی گوجه فرنگی نشان داد که تمامی غلظت‌های تیامین سبب بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی از جمله pH (۴/۶۵)، مواد جامد محلول (۲/۹۰ درصد)، لیکوپن (۱/۵۰ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تر)، فنول کل (۶۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، ویتامین ث (۸/۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آب‌میوه)، کلروفیل a (۱/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کارتنوئید (۲/۶۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر شدند (جدول ۷). یکی از مسیرهای وابسته به تیامین-دی فسفات در سلول گیاهی، سنتز ۲-دی-اکسی-دی-اکسی لولز-۵-فسفات است. این آنزیم در ارتباط با تجمع کلروفیل می‌باشد (۴۶). بنابراین، اثر آنتی‌اکسیدانی داشته که سبب محافظت از تجزیه کلروفیل به‌واسطه حذف اکسیژن فعال می‌گردد (۳۷ و ۵۷). هم‌چنین، کاربرد تیامین سبب فعال‌سازی سنتز کارتنوئیدها شده که از اکسیداسیون کلروفیل محافظت نموده و بنابراین باعث افزایش کلروفیل و بهبود فتوسنتز می‌شود (۲۵ و ۲۸). گزارش شده است که فنول‌های کل در گیاهان سویا افزایش یافت، زمانی‌که تحت تیمار تیامین قرار گرفتند (۴). ردا و همکاران (۴۸) بیان کردند که کاربرد برگی تیامین در غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش محتوای فنول کل در گیاه آویشن شد که با نتایج آزمایشات ما مطابقت دارد.

اثرات اسید فولیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه گوجه فرنگی

اسید فولیک به‌طور معنی‌داری سبب افزایش همه ویژگی‌های بیوشیمیایی شدند. بالاترین میزان pH (۴/۶۹)، مواد جامد محلول (۳/۲۰ درصد)، فنول کل (۶۳/۳۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، ویتامین ث (۱۰/۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آب‌میوه)، کلروفیل a (۱/۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کارتنوئید (۲/۹۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک به‌دست آمد (جدول ۷).

جدول ۵- اثر کاربرد ویتامین‌ها بر ویژگی‌های زایشی گیاه گوجه فرنگی رقم 'دلفوس'

Table 5- The effect of vitamin applicationon productive charactristics of tomato plant cv. 'Delphus'

تیمارها Treatments	تعداد گل Flower number	تعداد میوه Fruit number	تعداد خوشه Pedicle number	قطر میوه Fruit diameter (cm)	وزن تر میوه Fruit fresh weight (g)	وزن خشک میوه Fruit dry weight (g)	عملکرد Yield ($g.tree^{-1}$)
شاهد Control	19.33h	13.00m	3.00k	13.00i	61.00m	4.67g	793.2300m
۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 50 $mg.L^{-1}$ Pyridoxine	20.66gh	15.00l	3.30j	15.83h	63.01l	4.72g	945.1000l
۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 100 $mg.L^{-1}$ Pyridoxine	25.00ef	19.66g	6.66f	16.83fg	88.73j	5.95f	1243.8340j
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 150 $mg.L^{-1}$ Pyridoxine	23.66fg	18.66h	5.60h	16.00h	66.46k	4.80g	1194.3337k
۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین 50 $mg.L^{-1}$ Thiamine	28.66de	16.00k	6.00g	16.66g	99.50h	6.85e	1744.8100h
۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین 100 $mg.L^{-1}$ Thiamine	29.66d	17.66i	6.66f	16.66g	111.2e	6.90e	1963.9333g
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین 150 $mg.L^{-1}$ Thiamine	30.33cd	16.66j	5.33i	16.16h	93.01i	6.71e	1549.8400i

*وجود حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% of probability level according to Duncan's multiple rang test.

ادامه جدول ۵- اثر کاربرد ویتامین‌ها بر ویژگی‌های زایشی گیاه گوجه فرنگی رقم 'دلفوس'

Table 5- The effect of vitamin application on productive charactristics of tomato plant cv. 'Delphus'

تیمارها Treatments	تعداد گل Flower number	تعداد میوه Fruit number	تعداد خوشه Pedicle number	قطر میوه Fruit diameter (cm)	وزن تر میوه Fruit fresh weight (g)	وزن خشک میوه Fruit dry weight (g)	عملکرد Yield (g/tree)
۵۰ میلی‌گرم فولیک اسید 50 mg.L^{-1} Folic acid	32.00bcd	22.66d	7.00d	17.10f	106.40f	7.78d	2412.3400e
۱۰۰ میلی‌گرم فولیک اسید 100 mg.L^{-1} Folic acid	32.66bcd	22.00e	9.00b	18.83d	113.56d	7.83d	2498.4400d
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 150 mg.L^{-1} Folic acid	30.66cd	20.22f	7.33d	18.50e	101.73g	7.67d	2056.9933f
۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 50 mg.L^{-1} Pyridoxine +50 mg.L^{-1} Thiamine+50 mg.L^{-1} Folic acid	35.33b	25.00b	8.53c	21.66b	143.43b	9.82b	3586.2500b
۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 100 mg.L^{-1} Pyridoxine +100 mg.L^{-1} Thiamine+100 mg.L^{-1} Folic acid	45.33a	36.00a	9.77a	22.44a	158.00a	10.81a	5688.9667a
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 150 mg.L^{-1} Pyridoxine +150 mg.L^{-1} Thiamine+150 mg.L^{-1} Folic acid	34.66bc	24.00c	8.33c	19.50c	131.04c	8.88c	3144.6667c

* وجود حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% of probability level according to Duncan's multiple rang test.

این نتایج با گزارشات آل‌سعید و کمال (۷) در فلفل سبز و لی و همکاران (۳۵) در توت فرنگی مطابقت دارد. بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی با کاربرد برگی فولیک اسید توسط امام و همکاران (۲۱) و اسفندیاری و همکاران (۲۲) بیان شده است. فولیک اسید کوفاکتور مرکزی برای انتقال واکنش‌های تک کربنه درگیر در بسیاری از واکنش‌های سلولی از جمله سنتز پورین‌ها، نوکلئیک اسیدها، متابولیسم آمینواسیدها، تبدیل گلیسین به سرین، سنتز متیونین و تشکیل لیگنین، سنتز کلروفیل و هم‌چنین، در چرخه تنفس نوری منجر به افزایش رشد می‌شود (۳۳). امام و همکاران (۲۱) گزارش کردند که کاربرد برگی فولیک اسید سبب بهبود خواص آنتی‌اکسیدانی به‌دلیل افزایش محتوای داخلی گلوتاتیون، اسید آسکوربیک و فنول کل شد. استاخوا و همکاران (۵۵) گزارش کردند که افزایش محتوای فولیک اسید در برگ‌ها سبب افزایش تولید آمینواسیدها شده و بنابراین، کیفیت نخودفرنگی‌ها را افزایش داده است. هم‌چنین، ابراهیم و همکاران (۳۲) گزارش نمودند که اسید فولیک به‌طور معنی‌داری سبب افزایش کلروفیل کل و مواد جامد محلول در سیب زمینی در مقایسه با شاهد شدند. بعلاوه، برجریس و همکاران (۱۶) دریافتند که اسید فولیک در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش مواد جامد محلول در نخودفرنگی شد.

اثرات متقابل پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه گوجه فرنگی

نتایج مقایسه میانگین نشان دادند که تمامی غلظت‌های به کار برده شده پیرودکسین، تیامین و اسید فولیک سبب افزایش پارامترهای بیوشیمیایی نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان pH (۴/۷۸)، اسیدیته (۰/۲۸ درصد)، مواد جامد محلول (۳/۹۳ درصد)، لیکوپن (۲/۶۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، محتوای فنول کل (۶۶/۶۶ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، ویتامین ث (۱۳/۳۶ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر)، کلروفیل a (۱/۹۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/۹۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کارتنوئید (۳/۳۳ میلی گرم بر گرم وزن تر)، با کاربرد ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک به‌دست آمد. این نتایج با گزارشات ال-قامرینی (۲۰) که بیان کردند محلول‌پاشی ویتامین‌های B (B1، B6 و B12) در گیاه لوبیا چشم بلبلی سبب افزایش کلروفیل برگ نسبت به شاهد شد و عبدل-حلیم (۳) که گزارش کرد کاربرد برگی برخی از ویتامین‌ها سبب بهبود رشد، افزایش کلروفیل برگ، ترکیبات شیمیایی و هورمون‌های داخلی گوجه فرنگی شد، مطابقت دارد.

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر کاربرد ویتامین‌ها بر ویژگی‌های شیمیایی گیاه گوجه فرنگی رقم 'دلفوس'

Table 6- ANOVA for the effect of vitamin application on chemical characteristics of tomato plant cv.'Delphus'

منابع تغییر S.O.V		میانگین مربعات Mean square								
		PH	اسید کل Total acid	مواد جامد محلول Soluble solid	لیکوپن Lycopene	فنول کل Total phenol	ویتامین ث Vitamin C	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Cholorophyll b	کارتنوئید Carotenoids
تکرار Replication	2	0.001^ns	0.001^ns	0.035^ns	0.154**	4.84ns	3.31**	0.046*	0.090*	1.530**
تیمار Treatment	12	0.046**	0.030*	0.625*	1.299**	63.509**	20.33**	0.931**	0.128**	1.460**
خطا Error	24	0.010	0.011	0.241	0.012	1.707	0.028	0.013	0.019	0.077

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار.

** Significant at level of 1%, * Significant at level of 5% and ns non-significant.

جدول ۷- اثر کاربرد ویتامین ها بر ویژگی‌های شیمیایی گیاه گوجه فرنگی رقم 'دلفوس'

Table 7- The effect of vitamin application on chemical charactristics of tomato plant cv. 'Delphus'

تیمارها Treatments	pH	اسید کل Total acidity (%)	مواد جامد محلول Soluble solid (%)	لیکوپن Lycopene (mg.100g FW^{-1})	فنول کل Total phenol (mg.100g FWt^{-1})	ویتامین ث Vitamin C (mg. 100 ml Fruit juice^{-1})	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g FW^{-1})	کلروفیل b Cholorophyll b (mg.g FW^{-1})	کارتنوئید *Carotenoids* (mg.g wt^{-1})
شاهد Control	4.29c	0.60b	2.40b	0.53i	52.33j	5.3i	0.30h	0.30e	1.11f
۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین 50 mg.L^{-1} Pyridoxine	4.48bc	0.39ab	2.50b	1.03gh	55.00hij	5.4i	0.58g	0.36de	1.42f
۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین 100 mg.L^{-1} Pyridoxine	4.60ab	0.31ab	2.76ab	0.92h	56.66ghi	6.4h	0.76fg	0.40cd	1.65ef
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین 150 mg.L^{-1} Pyridoxine	4.54ab	0.16ab	2.85ab	0.91h	54.00ij	6.6h	0.82fg	0.41cde	2.23de
۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین 50 mg.L^{-1} Thiamine	4.64ab	0.36ab	2.86ab	1.50ef	59.00ef	7.3g	0.92f	0.48bcde	2.40cd
۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین 100 mgL^{-1} Thiamine	4.65ab	0.19ab	2.87ab	1.27fg	60.00def	7.6g	1.00ef	0.54bcde	2.53bcd
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین 150 mg.L^{-1} Thiamine	4.63ab	0.23ab	2.90ab	1.20g	57.66fgh	8.4f	1.21de	0.62abcde	2.66abcd
۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 50 mg.L^{-1} Folic acid	4.67ab	0.24ab	2.90ab	2.00bc	62.33cd	9.4e	1.45cd	0.68abcd	2.76abcd

*وجود حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% of probability level according to Duncan's multiple rang test.

ادامه جدول ۷- اثر کاربرد ویتامین ها بر ویژگی‌های شیمیایی گیاه گوجه فرنگی رقم 'دلفوس'

Continue Table 7- The effect of vitamin application on chemical characteristics of tomato plant cv.'Delphus'

تیمارها Treatments	pH	اسید کل Total acid (%)	مواد جامد محلول Soluble (%) solid	لیکوپن Lycopene (mg.100g FW^{-1})	فنول کل Total phenol (mg.100g FWt^{-1})	ویتامین ث Vitamin C (mg. 100 ml Fruit $juice^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g FW^{-1})	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g FW^{-1})	کارتنوئید Carotenoids (mg.g FW^{-1})
۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 100 mg.L^{-1} Folic acid	4.69ab	0.23ab	2.95ab	1.90cd	63.33bcd	9.6e	1.55bc	0.73abc	2.86abcd
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 150 mg.L^{-1} Folic acid	4.67ab	0.12ab	3.20ab	1.71de	61.33de	10.50d	1.73ab	0.78ab	2.96abc
۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 50 mg.L^{-1} Pyridoxine +50 mg.L^{-1} Thiamine+50 mg.L^{-1} Folic acid	4.71ab	0.44a	3.85a	2.50a	65.66ab	12.40b	1.95a	0.82ab	3.20ab

*وجود حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار ارقام در سطح احتمال ۱ درصد در هر ستون بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly at 1% probability level according to Duncans multiple rang test.

ادامه جدول ۷- اثر کاربرد ویتامین‌ها بر ویژگی‌های شیمیایی گیاه گوجه فرنگی رقم 'دلفوس'

Table 7- The effect of vitamin application on chemical characteristics of tomato plant cv.'Delphus'

تیمارها Treatments	pH	اسید کل Total acid (%)	مواد جامد محلول Soluble (%) solid	لیکوپن Lycopene (mg.100g FW^{-1})	فنول کل Total phenol (mg.100g FWt^{-1})	ویتامین ث Vitamin C (mg. 100 ml Fruit $juice^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g FW^{-1})	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g FW^{-1})	کارتنوئید Carotenoids (mg.g FW^{-1})
۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 100 mgL^{-1} Pyridoxine +100 mgL^{-1} Thiamine+100 mgL-1 Folic acid	4.78a	0.28ab	3.93a	2.64a	66.66a	13.36a	1.98a	0.95a	3.33a
۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+ ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید 150 mgL^{-1} Pyridoxine +150 mgL^{-1} Thiamine+150 mgL-1 Folic acid	4.69ab	0.19ab	3.36ab	2.20b	64.66abc	11.36c	1.88a	0.82ab	3.06abc

*وجود حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% of probability level according to Duncan's multiple rang test.

شابالی و ال-رامادی (۵۳) گزارش نمودند که کاربرد برگی ویتامین‌ها ممکن است نقش مهمی در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی داشته باشند که از جمله می‌توانند در فرآیند متابولسیم فتوسنتز موثر بوده و منجر به افزایش مواد جامد محلول و مواد معدنی شوند. هم‌چنین، آن‌ها دریافتند که محلول‌پاشی ویتامین‌ها سبب افزایش سطوح نیتروژن، فسفر، کلسیم و روی در میوه‌های گوجه فرنگی شد.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده نشان دادند که کاربرد ویتامین‌های پیرودکسین، تیامین و فولیک اسید به‌تنهایی یا ترکیب با یکدیگر سبب بهبود ویژگی‌های رشدی، زایشی و بیوشیمیایی گوجه فرنگی گلخانه‌ای رقم دلفی شدند. بیشترین میزان رشد، عملکرد و خصوصیات بیوشیمیایی در ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پیرودکسین+۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین+۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فولیک اسید به‌دست آمد.

منابع

1- Abd EI- Hakim W.M. 2006. Effect of some antioxidant treatments on chemical constituents, antinutritional factors and yield of some vegetable legumes. Ph.D. Thesis, Fac. of Agric., Minia Middle East Journal of Agricultural Research 6(3): 662-672.

2- Abd El-Aziz N.G., El-Quesni F.E.M., and Farahat M.M. 2007. Response of vegetative growth and some chemical constituents of *Syngonium podophyllum* L. to foliar application of thiamine, ascorbic acid and kinetin at Nubaria. World Journal of Agricultural Sciences 3(3): 301–305.

3- Abdel-Halim S.M. 1995. Effect of some vitamins as growth regulators on growth, yield and endogenous hormones of tomato plants during winter. Egyption Journal of Applied Science 10(12): 322-334.

4- Abdel-Monaim M.F. 2011. Role of riboflavin and thiamine in induced resistance against charcoal rot disease of soybean, African Journal of Biotechnology 10(53): 10842-10855.

5- Abo-Hinna M.A., and Merza T.K. 2012. Effect of organic manure, tuber weight and ascorbic acid spraying on some vegetative parameters and marketable yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) grown in sandy soil. Kufa Journal for Agricultural Science (4): 15-29.

6- Afroz A., Chaudhry Z., Rashid U., Khan M.R., and Ali G.M. 2010. Enhanced regeneration in explants of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) with the treatment of coconut water. African Journal Biotechnology 9(24): 3634-3644.

7- Al-Said M.A., and Kamal A.M. 2008. Effect of foliar spray with folic acid and some amino acids on flowering, yield and quality of sweet pepper. Mansoura Journal of Agricultural Science 33(10): 7403-7412.

8- Aminifard M.H., Jorkesh A., Fallahi H-R., and Alipoor K. 2018. Foliar application of thiamine stimulates the growth, yield and biochemical compounds production of Coriander and Fenugreek. Journal of Horticultural Research 26(1): 77-85.

9- Amin M.A., and Ismail M.A. 2015. Effect of indole butyric, arginine, cyanocobalamine (B12), ascorbic acid and their interactions on growth, yield and some metabolic constituents of sunflower plants. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences 2(12): 154–162.

10- Andrew W.J., Youngkoo C., Chen X., and Pandalai S.G. 2000. Vicissitudes of a vitamin. Recent Res. Dev. Phytochem 4: 89-98.

11- Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.

12- Arrigoni O., Calabrese G., De Gara L., Bitoni M., and Liso R. 1997. Correlation between changes in cell ascorbate and growth of *Lupinus albus* seedlings. Journal of Plant Physiology 150: 302-308.

13- Bahuguna R.N., Joshi R., Shukla A., Pandey M., and Kumar J. 2012. Thiamine primed defense provides relia-ble alternative to systemic fungicide carbendazim against sheath blight disease in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Physiology and Biochemistry 57: 159–167.

14- Boghdady M.S. 2013. Efficiency of pyridoxine on the growth, yield, seed quality and anatomy of Egyption lupine (*Lupinus termis* Forssk.). Australian Journal of Basic and Applied Sciences 7(1): 448-456.

15- Boubakri H., Wahab M.A., Chong J., Bertsch C., Mliki A., and Soustre-Gacougnolle I. 2012. Thiamine induced resistance to *Plasmopara viticola* in grapevine and elicited host–defense responses, including HR like-cell death. Plant Physiology and Biochemistry 57: 120–133.

16- Burguieres E., McCue P., Kwon Y., and Shetty K. 2007. Effect of vitamin C and folic acid on seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity. Bioresearch Technology 98: 1393-1404.

17- Chen J., and Xiong L. 2005. Pyridoxine is required for post-embryonic root development and tolerance to osmotic and oxidative stresses. Plant Journal 44(3): 396-408.

18- Di Salvo M.L., Contestabile R., and Safo M.K. 2011. Vitamin B6 salvage enzyme: Mechanism, structure and regulation. Biochimica et Biophysica Acta1814: 1597-1608.
19- Dhonukshe-Rutten R.A.M., De Vries J.H.M., Bree A., De van der Put N., Van Staveren W.A., and De Groot L.C. 2007. Dietary intake and status of folate and vitamin B12 and their association with homocysteine and cardiovascular disease in European populations. European Food Research and Technology 63(1): 18–30.
20- El-Ghamriny E.A., Arisha H.M., and Kamel A.E. 2005. Effect of foliar spray with B-vitamins (B1, B6 and B12) on growth and seed yield of cowpea plants. Zagazig Journal of Agricultural Research 32(6): 1767-1783.
21- Emam M.M., El-Sweify A.H., and Helal N.M. 2011. Efficiencies of some vitamins in improving yield and quality of flax plant. African Journal of Agricultural Research 6(18): 4362-4369.
22- Esfandiari E., Enayati W., Sabaghniam N., and Janmohammadi M. 2012. Effects of folic acid on seed germination properties and seedling growth. Albanian Journal of Agricultural Sciences 3(11): 185-193.
23- Fallahi H.R., Aminifard M.H., and Jorkesh A. 2018. Effects of thiamine spraying on biochemical and morphological traits of basil plants under greenhouse conditions. Journal of Horticulture and Postharvest Research 1(1): 27–36.
24- FAO (2019). FAOSTAT, agricultural database. http:// apps. Fao. Org.
25- Farouk S., Youssef S.A., and Ali A.A. 2012. Exploitation of biostimulants and vitamins as an alternative strat-egy to control early blight of tomato plants. Asian Journal of Plant Sciences 11(1): 36–43.
26- Ghorbani D.A., Mashayekhi K., and Kamar B. 2015. Effect of foliar application sucrose, boron, potassium nitrate and salicylic acid on yield and yield components of tomato var. Super A. Research in Crop Ecosystems 2(1): 43-52.
27- Haghighi M., and Mozafarian M. 2015. Application of amino acid on growth and yield of greenhouse tomato and pepper. Journal of Vegetable Science 1: 59-64. (In Persian)
28- Hamada A.M., and Khulaef E.M. 2000. Simulative effects of ascorbic acid, thiamin or pyridoxine on *Vicia faba* growth and some related metabolic activities. Pakistan Journal of Biological Sciences 3(8): 1330–1332.
29- Hannan M.M., Ahmed M.B., Razvy M.A., Karim R., Khatun M., Haydar A., Hossain M., and Roy U.K. 2007. Heterosis and correlation of yield and yield components in tomato (*Lycopersicon esulentum* Mill.). Amer-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 2(2): 146-150.
30- Helal F.A., Farag S.T., and El-Sayed S.A. 2005. Studies on growth, yield and its components and chemical composition under effect of vitamin C, vitamin B1, boric acid and sulphur on pea (*Pisum sativum* L.) plants. Mansoura University Journal of agricultural Science 30(6): 3343-3353.
31- Hendawy S.F., and Ezz El-Din A.A. 2010. Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var. azoricum as influenced by some vitamins and amino acids. Ozean Journal of Applied Science 3(1): 113-123.
32- Ibrahim M.F.M., Abd El-Gawad H.G., and Bondok A.M. 2015. Physiological impacts of potassium Middle East Journal of Agricultural Research 6(3): 662-672.
33- Jabrin S.S., Ravanel Gambonnet B., Douce R., and Rebeille F. 2003. One-Carbon Metabolism in Plants. Regulation of Tetrahydrofolate Synthesis during Germination and Seedling Development. Plant Physiology 131: 1431-1439.
34- Khan M., Khan N.A., and Saminllah M.M. 2001. Response of mustard and wheat to pre-sowing seed treatment with pyridoxine and basal level of calcium. Indian Journal of Plant Physiology 6(3): 300-305.
35- Li D., Li L., Luo Z., Mou W., Mao L., and Ying T. 2015. Comparative transcriptome analysis reveals the influence of abscisic acid on the metabolism of pigments, ascorbic acid and folic acid during strawberry fruit ripening. PLos One 10(6): 1-15.
36- Lone N.A., Khan N.A., Hayat S., Azam Z.M., and Samiullah M.M. 1999. Evaluation of effect some B-vitamins on root development of mustard. Annals of Applied Biology 134: 30-37.
37- Mady M.A. 2009. Effect of foliar application with salicylic acid and vitamin E on growth and productiv-ity of tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) plant. Journal of Agricultural Sciences, Mansoura University 34(6): 6735–6746.
38- Mahmoud M.M. 2014. Response of soybean plants to exogenously apply with ascorbic acid, zinc sulphate and paclobutrazol. Report and Opinion 6(11): 17-25.
39- Martinis J., Gas-Pascual E., Szydlowski N., Crèvecoeur M., Gisler A., Bürkle L., and Fitzpatrick T.B. 2016. Long-distance transport of thiamine (vitamin B1) is concomitant with that of polyamines. Plant Physiology 171: 542–553.
40- Mazumdar B.C. 2003. Methodes on Physico-Chemical Analysis of Fruit. Daya Publishing House, Delhi.
41- Mostofi Y., and Najafi F. 2006. Laboratory Manual of Analytical Techniques in Horticulture. 1st Edition. Tehran University Press, 136 pp.
42- Munne-Bosch S., and Alegre L. 2002. The function of tocopherols and tocotrienols in plants. Critical Reviwes in Plant Sciences 21: 31-57.
43- Nassar R.M.A., Arafa S., and Farouk S. 2017. Effect of foliar spray with pyridoxine on growth, anatomy, photosynthetic pigments, yield characters and biochemical constituents of seed oil of sesame plant (*Sesamum*

indicum L.). Middle East Journal of Applied Sciences 7(1): 80-91.
44- Navarro R.M., Retamosa M.J., Lopez J., Campo A.D., Ceaceros C., and Salmoral L. 2006. Nursery practices and field performance for the endangered Mediterranean species *Abies pinsapo* Boiss. Ecological Engineering 27(2): 93-99.
45- Poudineh Z., Moghadam Z.G., and Mirshekari S. 2015. Effects of humic acid and folic acid on sunflower under drought stress. Biological Forum – An International Journal 7(1): 451-454.
46- Rapala-Kozik M., Wolak N., Kujda M., Banas A.K. 2012. The upregulation of thiamine (vitamin B1) biosynthesis in *Arabidopsis thaliana* seedlings under salt and osmotic stress conditions is mediated by abscisic acid at the early stages of this stress response. Plant Biology 12(2): 14 p.
47- Raschke M., Burkle L., Muller N., Nunes-Nesi A., Fernie A.R., and Arigoni D. 2007. Vitamin B1 biosynthesis in plant requires the essential iron-sulfur cluster protein, THIC. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 104: 19637-19642.
48- Reda F., Abdel-Rahim E.A., El-Baroty G.S.A., and Ayad H.S. 2005. Response of essential oils, phenolic components and polyphenol oxidase activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) to some bioregula-tors and vitamins. International Journal of Agriculture and Biology 7(5): 735-739.
49- Ristila M., Strid H., Eriksson L.A., Strid A., and Savenstrand H. 2011. The role of the pyridoxine (Vitamin B6) biosynthesis enzyme PDXL in ultraviolet-B radiation responses in plants. Plant Physiology and Biochemistry 49: 284-292.
50- Sadasivam S., and Manickam A. 1992. Biochemical methods for agricultural sciences. Wiley Eastern Limited, New Dehli.
51- Sayed S.A., and Gadallah M.A.A. 2002. Effects of shoot and root application of thiamin on salt-stressed sunflower plants. Plant Growth Regulation 36(1): 71-80.
52- Shabana A., Hoda A., Shafeek M.R., and Abd El-Al F.S. 2015. Improving productivity of tomato crop grown under high temperature condition using some safe and natural substances. Middle East Journal of Agricultural Research 4(1): 20-26.
53- Shalaby T.A., and El-Ramady H. 2014. Effect of foliar application of bio-stimulants on growth, yield, yield components and storability of garlic (*Allium sativum* L.). Australian Journal of Crop Science 8(2): 271-275.
54- Singleton V.L., and Rossi J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphormolybdic- phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16: 144-158.
55- Stakhova L.N., Stakhov L.F., and Ladygin V.G. 2000. Effects of exogenous folic acid on the yield and amino acid content of the seed of *Pisum sativum* L. and *Hordeum vulgare* L. Applied Microbiology and Biotechnology 36(1): 98-103.
56- Sweeney J.P., Chapman V.J., and Hepner P.A. 1970. Sugar, acids, and flavor in fresh fruit. Journal of the American Dietetic Association 57: 432-435.
57- Tunc-Ozdemir M., Miller G., Song L., Kim J., Sodek A., and Koussevitzky S. 2009. Thiamin confers enhanced tolerance to oxidative stress in Arabidopsis. Plant Physiology 151: 421-432.
58- Youssif S.B.D. 2017. Response of potatoes to foliar spray with cobalamin, folic acid and ascorbic acid under North Sinai conditions. Middle East Journal of Agriculture Research 6(3): 662-672.
59- Wang F., Kang S., Du T., Li F., and Qiu R. 2011. Determination of comprehensive quality index for tomato and its response to different irrigation treatments. Agricultural Water Management 98(8): 1228-1238.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.2, Summer 2021, P. 283-300
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۳۰۰-۲۸۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effects of Pyridoxine, Thiamine and Folic acid on Growth, Reproductive and Biochemical Characteristics of Delphus Tomato

M. Zamanipour[1]*
Received: 29-09-2020
Accepted: 24-02-2021

Introduction: Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is a perennial plant, which is rich in antioxidant compounds, lycopene, polyphenols and vitamin C. Iran, with production of 5.24 million tons, is ranked sixth in the world in tomato production. According to the latest FAO reports in 2019, the total area under tomato cultivation was 121203 hectares, with an average yield of 43.30 tons per hectare, and annual production of 5248904 tons. Vitamins are made from natural ingredients and are suitable for the growth, function and improvement of plant nutrition. The aim of this study was to investigate the effects of different levels of pyridoxine (50, 100 and 150 mgL^{-1}), thiamine (50, 100 and 150 mgL^{-1}) and folic acid (50, 100 and 150 mgL^{-1}) and the combination of these vitamins on the plant growth, yield and chemical properties of tomatoes.

Materials and Methods: This study was conducted as randomized complete block design with three replications in the greenhouse of Iranshahr University during the years 2019 to 2020. The tomato cultivar was Delphus, the seedling of which was purchased from Pakan Bazr Isfahan Company. In August, with the beginning of the tomato planting period in the greenhouse, seedlings were planted and the harvest lasted until December. Seedlings were planted in rows of 75 cm wide and 40 cm apart. Irrigation was performed in the greenhouse with a drip system. The first irrigation was carried out immediately after planting and the second and third irrigations were carried out one day later for one hour and the subsequent irrigations were carried out in proportion to the growth of seedlings, every other day, every four days. At the 7-8 leaf stage, the plants were guided vertically on the thread. The greenhouse temperature was 25 to 32 °C during the experiment and 18 to 24 °C at night and the relative humidity was about 50%.

Results and Discussion: The results showed that all used concentrations of pyridoxine, thiamine and folic acid increased the growth parameters compared to the control, so that the highest plant height (271 cm), stem diameter (7 cm), number of leaves (31) fresh weight (502 g) and dry weight (341.66 g) were produced at a concentration of 100 mgL^{-1} pyridoxine + 100 mgL^{-1} thiamine + 100 mgL^{-1} folic acid. Interaction of B vitamin levels at low, medium and high levels had a significant effect on the reproductive parameters of tomato plants, so that the highest number of flowers (41.33), number of fruits (29.55), number of clusters (9.77), fruit diameter (22.44 mm), fruit fresh weight (158 g) and fruit dry weight (10.81 g) and yield (5688.9667 g/plant) at a concentration of 100 mgL^{-1} pyridoxine, 100 mgL^{-1} thiamine and 100 mgL^{-1} was observed per liter of folic acid. Increasing of yield can be due to increased nutrient uptake and assimilation, and increased growth due to the presence of vitamins. Similar results by El-Gharmany *et al*. (2005) stated that foliar application of vitamins (B1, B6 and B12) in appropriate concentrations in cowpea significantly increased the number of pods per plant and total yield compared to the control. Shabaly and El-Ramady (2014) and Shabana *et al*. (2015) found that some natural ingredients have increased yield of garlic and tomatoes. Also, all concentrations of pyridoxine, thiamine and folic acid used increased biochemical parameters compared to the control. Maximum pH (4.78), acidity (0.28%), soluble solids (3.93%), lycopene (2.64 mg/100 g fresh weight), total phenol content (66.66 mg/100 g fresh weight, vitamin C (13.36 mg/100 g fresh weight), chlorophyll a (1.98 mg/g fresh weight), chlorophyll b (0.98 mg /g fresh weight) and carotenoids (3.33 mg/g fresh weight) were obtained by using a combination of 100 mgL^{-1} pyridoxine, 100 mgL^{-1} thiamine and 100 mgL^{-1} folic acid. Foliar application of vitamin treatments may play an important role in physiological and metabolic processes that affect the process of photosynthetic metabolism and lead to an increase in soluble solids and minerals. The interaction of vitamins improves the action of biochemicals on amino acid metabolism and nucleic acid synthesis. However, Abdel-Halim (1995) reported that foliar application of some vitamins improved leaf growth, increased chlorophyll, chemicals, and internal hormones in tomatoes during the winter. El-Ghamriny (2005) reported that foliar application of B vitamins (B1, B6 and B12) increased leaf chlorophyll in cowpea compared to the control, and Burguieres et al. (2007) found that folic acid at a concentration of 50 mgL^{-1} increased minerals in peas. Hendawy and Ezz El-Dinn (2010) reported that vitamin B

1- Assistant Professor, Department of Agriculture, Faculty of Technical and Engineering, Velayat University, Iranshahr, Iran
(*- Corresponding Author Email: m.zamanipour@velayat.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2021.61961.0

complex as a coenzyme in enzymatic reactions such as carbohydrates, fatty acids and proteins involved in photosynthesis and respiration. In addition, Abd El-Hakim (2006) reported that some antioxidants improve biochemical properties in some beans.

Conclusion: The results showed that the use of pyridoxine, thiamine and folic acid vitamins alone or in combination with each other improved the growth, reproductive and biochemical characteristics of Delphi greenhouse tomatoes. The highest growth rate, yield and biochemical properties were obtained at 100 mgL^{-1} pyridoxine + 100 mgL^{-1} thiamine + 100 mgL^{-1} folic acid.

Keywords: Growth, Nutrition, Tomato, Yield, Vitamins